

【発明の名称】 半導体レーザ素子及びその製造方法

【発明の背景】

本発明は、主として光ディスク用ピックアップの光源に使用される半導体レーザ素子及びその製造方法に関する。

デジタルビデオディスク (Digital Video Disk : 以下、DVD という) の光源として用いられる赤色半導体レーザ素子は波長 630 ~ 690 nm 帯の発振波長を持つ。これは、従来のコンパクトディスク (Compact Disc : 以下、CD という) に用いられている赤外半導体レーザ素子の波長 780 nm 帯よりも短波長であるから、赤色半導体レーザ素子を用いて、DVD 上のデータ及び CD 上のデータのいずれをも読み込みことは可能である。

しかしながら、追記型 CD (以下、CD-R という) のような、有機化合物を記録媒体に用いた光ディスクは、光の反射率の波長依存性が強いなどの理由により、CD-R のデータを赤色半導体レーザ素子で読み込むことが不可能であるから、CD-R のデータを読み込むためには赤外半導体レーザ素子が必要となる。

従って、DVD 上のデータ及び CD-R 上のデータの両方を読み込めるようにするには、光ピックアップとしては、赤色半導体レーザ素子及び赤外半導体レーザ素子の 2 つの光源を備える必要がある。

光ピックアップに 2 つの光源を搭載する方法として、赤色半導体レーザ素子及び赤外半導体レーザ素子を独立に設けるハイブリッド集積方法と、同一基板上に赤色半導体レーザ及び赤外半導体レーザを集積するモノリシック集積方法とがある。

技術的難易性及び生産性の観点から、現在のところ、ハイブリッド集積が主流である。しかしながら、今後、光ピックアップの小型化及び低コスト化を押し進めていくためには、モノリシック集積の方が有利となる可能性がある。

そこで、第 60 回秋期応用物理学会学術講演会 3a-ZC-10 (1999 年) においては、同一の GaAs 基板上に、650 nm 帯の赤色半導体レーザ構造と 780 nm 帯の赤外半導体レーザ構造とが並列されてなる半導体レーザ素子が提案されている。

通常、赤色半導体レーザ構造は、Al、Ga、In 及び P を主成分とする 4 元

混晶 ($(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})\text{In}_y\text{P}$ (但し、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$)、以下、単に AlGaInP と記載する) よりなる積層体により形成され、赤外半導体レーザ構造は、 Al 、 Ga 及び As を主成分とする 3 元混晶 ($\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ (但し、 $0 \leq z \leq 1$)、以下、単に AlGaAs と記載する) よりなる積層体により形成される。

また、同一基板上に 2 つの半導体レーザ構造を形成するには、基板上に、第 1 の活性層を含む複数の半導体層からなる第 1 の積層体を成長させた後、該第 1 の積層体をパターンニングして第 1 の半導体レーザ構造を形成し、次に、第 1 の半導体レーザ構造が形成されている基板上に、第 2 の活性層を含む複数の半導体層からなる第 2 の積層体を成長させた後、該第 2 の積層体をパターンニングして第 2 の半導体レーザ構造を形成する。

以下、同一基板上における第 1 の領域に赤色半導体レーザ構造が形成され且つ第 2 の領域に赤外半導体レーザ構造が形成されてなるモノリシック型の従来の半導体レーザ素子について図 5 を参照しながら説明する。

図 5 に示すように、 n 型 GaAs 基板 101 の上に、 n 型 GaAs 層よりなるバッファ層 102 が形成されている。

バッファ層 102 の上における第 1 の領域には、 n 型 AlGaAs 層よりなる第 1 の n 型クラッド層 103A、 GaAs 層よりなる第 1 の活性層 104A 及び p 型 AlGaAs 層よりなる第 1 の p 型クラッド層 105A により構成される第 1 の積層体が形成されており、該第 1 の積層体により赤色半導体レーザ構造が構成されている。

バッファ層 102 の上における第 2 の領域には、 n 型 AlGaInP 層よりなる第 2 の n 型クラッド層 106A、 GaInP 層よりなる第 2 の活性層 107A 及び p 型 AlGaInP 層よりなる第 2 の p 型クラッド層 108A により構成される第 2 の積層体が形成されており、該第 2 の積層体により赤外半導体レーザ構造が構成されている。

n 型 GaAs 基板 101 の下面には、共通の電極となる下部電極 109 が形成され、第 1 の p 型クラッド層 105A の上には第 1 の上部電極 110 が形成され、第 2 の p 型クラッド層 108A の上には第 2 の上部電極 111 が形成されてい

る。

以下、従来の半導体レーザ素子の製造方法について、図6(a)～(d)を参照しながら説明する。

まず、図6(a)に示すように、n型GaAs基板101の上に、n型GaAs層よりなるバッファ層102を成長させた後、該バッファ層102の上に、n型AlGaAs層103、GaAs層104及びp型AlGaAs層105を順次成長させて、第1の積層体を形成する。

次に、図6(b)に示すように、第1の積層体をエッチングにより所定形状にパターニングして、バッファ層102上の第1の領域に、n型AlGaAs層103よりなる第1のn型クラッド層103A、GaAs層104よりなる第1の活性層104A及びp型AlGaAs層104よりなる第1のp型クラッド層105Aを形成する。これにより、第1の積層体よりなる赤色半導体レーザ構造が形成される。

次に、図6(c)に示すように、赤色半導体レーザ構造が形成されているバッファ層102の上に全面に亘って、n型AlGaInP層106、GaInP層107及びp型AlGaInP層108を順次成長させて、第2の積層体を形成する。

次に、図6(d)に示すように、第2の積層体をエッチングにより所定形状にパターニングして、バッファ層102上の第2の領域に、n型AlGaInP層106よりなる第2のn型クラッド層106A、GaInP層107よりなる第2の活性層107A及びp型AlGaInP層108よりなる第2のp型クラッド層108Aを形成する。これにより、第2の積層体よりなる赤外半導体レーザ構造が形成される。

次に、n型GaAs基板101の下面に下部電極109を形成し、第1のp型クラッド層105Aの上に第1の上部電極110を形成し、第2のp型クラッド層108Aの上に第2の上部電極111を形成すると、図5に示す従来の半導体レーザ素子を得られる。

従来の半導体レーザ素子の製造方法においては、第1の積層体をエッチングにより所定形状にパターニングしてバッファ層102を露出させてから、該バッフ

ァ層102の上に、n型AlGaInP層106、GaInP層107及びp型AlGaInP層108を順次成長させて、赤外半導体レーザ構造を形成する。

ところが、n型GaAs層よりなるバッファ層102を露出させる工程においては、最下層のn型AlGaAs層103に対してオーバーエッチングを行なう必要があると共にGaAs層とAlGaAs層とは組成が似ているため、バッファ層102は大きくエッチングされる。このため、バッファ層102の表面に大きな凹凸ができたり又はバッファ層102に孔が開いたりして、バッファ層102の表面が不均一になってしまう。

表面が不均一になっているバッファ層102の上に、n型AlGaInP層106、GaInP層107及びp型AlGaInP層108を順次成長させると、得られる半導体層は結晶構造が乱れると共に組成が不均一になるので、良好な赤外半導体レーザ構造を得ることができないという問題がある。

前記の問題は、赤外半導体レーザ構造となる第1の積層体を形成しておいてから、該第1の積層体をエッチングにより所定形状にパターニングしてバッファ層102を露出させ、その後、バッファ層102の上に赤色半導体レーザ構造となる第2の積層体を成長させる場合にも同様に発生する。

【発明の概要】

前記に鑑み、本発明は、第1の積層体をエッチングにより所定形状にパターニングした後に第2の積層体を成長させて、モノリシック型の半導体レーザ素子を製造する場合において、第2の積層体を良好に成長できるようにして、第2の積層体の結晶性を向上させることを目的とする。

前記の目的を達成するため、本発明に係る半導体レーザ素子の製造方法は、化合物半導体基板の上に全面に亘って、化合物半導体基板と組成が異なるエッチング制御層を成長させる工程と、エッチング制御層の上に全面に亘って、エッチング制御層と組成が異なる第1の活性層を含む複数の半導体層からなる第1の積層体を成長させる工程と、第1の積層体を選択的エッチングによりパターニングして、化合物半導体基板上の第1の領域に第1の積層体からなる第1の半導体レーザ構造を形成する工程と、第1の半導体レーザ構造を含む化合物半導体基板上に全面に亘って、第2の活性層を含む複数の半導体層からなる第2の積層体を成長

させる工程と、第2の積層体を選択的エッチングによりパターンニングして、化合物半導体基板上の第2の領域に第2の積層体からなる第2の半導体レーザ構造を形成する工程とを備えている。

本発明に係る半導体レーザ素子の製造方法によると、化合物半導体基板の上に形成されたエッチング制御層の上に、該エッチング制御層と組成が異なる第1の活性層を含む複数の半導体層からなる第1の積層体を成長させた後、該第1の積層体を選択的エッチングによりパターンニングして第1の半導体レーザ構造を形成するため、第1の積層体に対するエッチングをエッチング制御層において停止することができる。このため、第1の積層体に対するエッチング工程において化合物半導体基板の第2の領域が損傷を受ける事態を防止できるので、化合物半導体基板の第2の領域に、第2の活性層を含む複数の半導体層からなる第2の積層体を良好に成長させることができ、これによって、第2の積層体からなる第2の半導体レーザ構造の特性を向上させることができる。

本発明に係る半導体レーザ素子の製造方法において、第1の半導体レーザ構造を形成する工程は、第1の積層体のエッチングレートが、エッチング制御層のエッチングレートよりも大きい条件で行なわれることが好ましい。

このようにすると、第1の積層体に対するエッチングをエッチング制御層において確実に停止して、化合物半導体基板の第2の領域がエッチングにより損傷を受ける事態をより確実に防止することができる。

本発明に係る半導体レーザ素子の製造方法は、第1の半導体レーザ構造を形成する工程と第2の積層体を成長させる工程との間に、エッチング制御層の第2の領域に存在する部分を選択的エッチングにより除去する工程をさらに備えていることが好ましい。

このようにすると、第2の活性層を含む複数の半導体層からなる第2の積層体をより良好に成長させることができる。

本発明に係る半導体レーザ素子の製造方法は、エッチング制御層を成長させる工程と第1の積層体を成長させる工程との間に、エッチング制御層の上に全面に亘ってバッファ層を成長させる工程をさらに備え、第1の半導体レーザ構造を形成する工程と第2の積層体を成長させる工程との間に、バッファ層の第2の領域

に存在する部分を選択的エッチングにより除去する工程をさらに備えていることが好ましい。

このようにすると、化合物半導体基板上の第1の領域に第1の積層体を良好に成長させることができると共に、化合物半導体基板上の第2の領域に第2の積層体を良好に成長させることができる。

本発明に係る半導体レーザ素子の製造方法がエッチング制御層の上にバッファ層を成長させる工程を備えている場合、バッファ層の第2の領域に存在する部分を選択的エッチングにより除去する工程は、バッファ層のエッチングレートがエッチング制御層のエッチングレートよりも大きい条件で行なわれることが好ましい。

このようにすると、バッファ層の第2の領域に存在する部分を確実に除去できるため、第2の積層体をより良好に成長させることができる。

本発明に係る半導体レーザ素子の製造方法がエッチング制御層の上にバッファ層を成長させる工程を備えている場合には、エッチング制御層はPを含むIII-V族化合物半導体層よりなり、バッファ層はGaAs層よりなることが好ましい。

このようにすると、バッファ層のエッチングレートがエッチング制御層のエッチングレートよりも大きい条件で選択的エッチングを行なうことが容易になるので、バッファ層の第2の領域に存在する部分を確実に除去することができる。

本発明に係る半導体レーザ素子の製造方法において、化合物半導体基板はGaAs基板であり、エッチング制御層はPを含むIII-V族化合物半導体層よりなることが好ましい。

このようにすると、第1の積層体に対するエッチングをエッチング制御層で停止して、化合物半導体基板の第2の領域が損傷を受ける事態を防止できるので、第2の積層体を良好に成長させることができる。

本発明に係る半導体レーザ素子の製造方法において、エッチング制御層は、 $(Al_xGa_{1-x})_yI_zP$ （但し、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ）よりなり、第1の積層体は、 $Al_zGa_{1-z}As$ （但し、 $0 \leq z \leq 1$ ）よりなる半導体層を含むことが好ましい。

このようにすると、第1の積層体に対するエッチングをエッチング制御層で確

実に停止して、化合物半導体基板の第2の領域が損傷を受ける事態を確実に防止することができる。

本発明に係る半導体レーザ素子の製造方法において、エッチング制御層は、 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ （但し、 $0 \leq z \leq 1$ ）よりなり、第1の積層体は、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ （但し、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ）よりなる半導体層を含むことが好ましい。

このようにすると、第1の積層体に対するエッチングをエッチング制御層で確実に停止して、化合物半導体基板の第2の領域が損傷を受ける事態を確実に防止することができる。

本発明に係る半導体レーザ素子は、化合物半導体基板上の第1の領域に形成され、化合物半導体基板と組成が異なるエッチング制御層と、エッチング制御層の上に形成され、エッチング制御層と組成が異なる第1の活性層を含む複数の半導体層からなる第1の半導体レーザ構造と、化合物半導体基板上の第2の領域に形成され、第2の活性層を含む複数の半導体層からなる第2の半導体レーザ構造とを備えている。

本発明に係る半導体レーザ素子によると、化合物半導体基板上のエッチング制御層の上に、エッチング制御層と組成が異なる第1の活性層を含む複数の半導体層を成長させた後、該複数の半導体層を選択的エッチングによりパターニングして第1の半導体レーザ構造を形成することができるため、化合物半導体基板の第2の領域がエッチングにより損傷を受ける事態を防止できるので、化合物半導体基板の第2の領域に、第2の活性層を含む複数の半導体層を良好に成長させることができ、これによって、第2の半導体レーザ構造の特性を向上させることができる。

本発明に係る半導体レーザ素子において、化合物半導体基板上の第2の領域と第2の半導体レーザ構造との間に、エッチング制御層は存在しないことが好ましい。

このようにすると、第2の半導体レーザ構造となる、第2の活性層を含む複数の半導体層をより良好に成長させることができる。

本発明に係る半導体レーザ素子において、エッチング制御層の厚さは、 $0 \mu\text{m}$

よりも大きく且つ0.1 μm 以下であることが好ましい。

このようにすると、第1の活性層を含む複数の半導体層の成長がエッチング制御層により受ける影響を最小限に抑制できるため、第1の活性層を含む複数の半導体層からなる第1の半導体レーザ構造の特性が向上する。

本発明に係る半導体レーザ素子は、化合物半導体基板上の第1の領域に形成されているエッチング制御層と第1の半導体レーザ構造との間にバッファ層をさらに備えていることが好ましい。

このようにすると、第1の活性層を含む複数の半導体層が良好に成長するので、第1の活性層を含む複数の半導体層からなる第1の半導体レーザ構造の特性が向上する。

本発明に係る半導体レーザ素子がエッチング制御層と第1の半導体レーザ構造との間にバッファ層を備えている場合には、エッチング制御層はPを含むIII-V族化合物半導体層よりなり、バッファ層はGaAs層よりなることが好ましい。

このようにすると、バッファ層の第2の領域に存在する部分を確実に除去できるので、第2の活性層を含む複数の半導体層を良好に成長させて、第1の半導体構造の特性を向上させることができる。

本発明に係る半導体レーザ素子において、化合物半導体基板はGaAs基板であり、エッチング制御層はPを含むIII-V族化合物半導体層よりなることが好ましい。

このようにすると、化合物半導体基板の第2の領域が損傷を受けることなく、第1の活性層を含む複数の半導体層からなる第1の半導体レーザ構造を形成できるので、化合物半導体基板の第2の領域に、第2の活性層を含む複数の半導体層を良好に成長させることができる。

本発明に係る半導体レーザ素子において、エッチング制御層は $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})\text{In}_y\text{P}$ （但し、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ）よりなり、第1の半導体レーザ構造は $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ （但し、 $0 \leq z \leq 1$ ）よりなる半導体層を含むことが好ましい。

このようにすると、化合物半導体基板の第2の領域が損傷を受けることなく、第1の活性層を含む複数の半導体層からなる第1の半導体レーザ構造を形成でき

n型クラッド層14A、GaAs層よりなる第1の活性層15A及びp型AlGaAs層よりなる第1のp型クラッド層16Aが順次形成されており、第1のn型クラッド層14A、第1の活性層15A及び第1のp型クラッド層16Aにより赤外半導体レーザ構造が構成されている。

一方、第1のバッファ層11上の第2の領域には、n型AlGaInP層よりなる第2のn型クラッド層17A、GaInP層よりなる第2の活性層18A及びp型AlGaInP層よりなる第2のp型クラッド層19Aが順次形成されており、第2のn型クラッド層17A、第2の活性層18A及び第2のp型クラッド層19Aにより赤色半導体レーザ構造が構成されている。

また、GaAs基板10の下面には下部電極21が形成されており、第1のp型クラッド層16Aの上面には第1の上部電極22が形成されており、第2のp型クラッド層19Aの上面には第2の上部電極23が形成されている。

以下、第1の実施形態に係る半導体レーザ素子の製造方法について、図3(a)～(d)を参照しながら説明する。

まず、図3(a)に示すように、n型のGaAs基板10の上に、0.1 μ m程度の厚さを有するn型GaAs層よりなる第1のバッファ層11と、0.01 μ m程度の厚さを有するn型GaInP層よりなるエッチング制御層12とを順次成長させる。その後、エッチング制御層12の上に、0.3 μ m程度の厚さを有するn型GaAs層よりなる第2のバッファ層13、n型AlGaAs層14、GaAs層15及びp型AlGaAs層16を順次成長させて、第1の積層体を形成する。

次に、図3(b)に示すように、第1の積層体を、AlGaAs層及びGaAs層に対するエッチングレートがGaInP層に対するエッチングレートよりも大きいようなエッチング液、例えば硫酸と過酸化水素水とが1:1に混合されるエッチング液を用いて、エッチング制御層12が露出するまでウェットエッチングを行なう。このようにすると、GaAs基板10上の第1の領域に、n型AlGaAs層14よりなる第1のn型クラッド層14A、GaAs層15よりなる第1の活性層15A及びp型AlGaAs層16よりなる第1のp型クラッド層16Aが形成されると共に、パターン化された第2のバッファ層13Aが形

るので、化合物半導体基板の第2の領域に、第2の活性層を含む複数の半導体層を良好に成長させることができる。

本発明に係る半導体レーザ素子において、エッチング制御層は、 $Al_zGa_{1-z}As$ （但し、 $0 \leq z \leq 1$ ）よりなり、第1の積層体は、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_yP$ （但し、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ）よりなる半導体層を含むことが好ましい。

このようにすると、化合物半導体基板の第2の領域が損傷を受けることなく、第1の活性層を含む複数の半導体層からなる第1の半導体レーザ構造を形成できるので、化合物半導体基板の第2の領域に、第2の活性層を含む複数の半導体層を良好に成長させることができる。

【図面の説明】

図1は、本発明の第1の実施形態に係る半導体レーザ素子の断面図である。

図2は、本発明の第2の実施形態に係る半導体レーザ素子の断面図である。

図3(a)～(d)は、第1の実施形態に係る半導体レーザ素子の製造方法の各工程を示す断面図である。

図4(a)～(d)は、第2の実施形態に係る半導体レーザ素子の製造方法の各工程を示す断面図である。

図5は、従来の半導体レーザ素子の断面図である。

図6(a)～(d)は、従来の半導体レーザ素子の製造方法の各工程を示す断面図である。

【発明の実施の形態】

（第1の実施形態）

以下、本発明の第1の実施形態に係る半導体レーザ素子について、図1を参照しながら説明する。

図1に示すように、n型のGaAs基板10の上に、 $0.1\mu m$ 程度の厚さを有するn型GaAs層よりなる第1のバッファ層11が形成されている。

第1のバッファ層11上の第1の領域にはn型GaInP層よりなるエッチング制御層12が形成され、該エッチング制御層12の上にn型GaAs層よりなるパターン化された第2のバッファ層13Aが形成されている。また、パターン化された第2のバッファ層13Aの上には、n型AlGaAs層よりなる第1の

成される。そして、第1のn型クラッド層14A、第1の活性層15A及び第1のp型クラッド層16Aからなる赤外半導体レーザ構造が得られる。

次に、エッチング制御層12に対して、GaInP層に対するエッチングレートがGaAs層に対するエッチングレートよりも大きいようなエッチング溶液、例えば塩酸を主成分とするエッチング溶液を用いて、第1のバッファ層11が露出するまでウェットエッチングを行なう。このようにすると、エッチング制御層12は第1の領域にのみ残存する。

次に、図3(c)に示すように、第1のバッファ層11の上及び赤外半導体レーザ構造の上に全面に亘って、n型AlGaInP層17、GaInP層18及びp型AlGaInP層19を順次成長させて、第2の積層体を形成する。

次に、図3(d)に示すように、第2の積層体に対して、AlGaInP層及びGaInP層に対するエッチングレートがGaAs層に対するエッチングレートよりも大きいようなエッチング溶液、例えば塩酸を主成分とするエッチング溶液を用いるウェットエッチングを行なって、GaAs基板10上における第2の領域に、n型AlGaInP層17よりなる第2のn型クラッド層17A、GaInP層18よりなる第2の活性層18A及びp型AlGaInP層19よりなる第2のp型クラッド層19Aを形成する。このようにすると、第2のn型クラッド層17A、第2の活性層18A及び第2のp型クラッド層19Aよりなる赤色半導体レーザ構造が得られる。

その後、GaAs基板10の下面に下部電極21を形成し、第1のp型クラッド層16Aの上面に第1の上部電極22を形成し、第2のp型クラッド層19Aの上面に第2の上部電極23を形成すると、図1に示す第1の実施形態に係る半導体素子が得られる。

第1の実施形態によると、n型AlGaAs層14、GaAs層15及びp型AlGaAs層16からなる第1の積層体は、0.3 μ m程度の厚さを有するGaAs層よりなる第2のバッファ層13の上に成長するので、GaAs基板10の上にn型GaInP層よりなるエッチング制御層12が存在するにも拘わらず、第1の積層体ひいては赤外半導体レーザ構造の結晶性は良好になる。

また、GaAs基板10の表面が欠陥又は汚染等により平坦性を有していなか

ったり又はGaAs基板10の表面の結晶性が悪化していたりしても、GaAs基板10の上にn型GaAs層よりなる第1のバッファ層11が存在しているため、赤色半導体レーザ構造となる第2の積層体は良好に成長する。

また、n型GaAs層よりなる第2のバッファ層13の下側にはn型GaInP層よりなるエッチング制御層12が存在しているため、第2のバッファ層13、n型AlGaAs層14、GaAs層15及びp型AlGaAs層16からなる第1の積層体に対するエッチングはエッチング制御層12の上面で停止する。

また、n型GaInP層よりなるエッチング制御層12の下側には、n型GaAs層よりなる第1のバッファ層11が存在しているため、エッチング制御層12に対するエッチングは第1のバッファ層11の上面で停止する。

従って、第1のバッファ層11の第2の領域は、エッチングにより損傷を受け難いため、赤色半導体レーザとなる第2の積層体は良好に成長する。

ところで、第1のバッファ層11は、エッチングによる損傷を受け難いが、若干の損傷を受ける恐れはある。

この場合には、エッチングにより露出した第1のバッファ層11の上に、適当な厚さを有するGaAs層を成長させておいてから該GaAs層の上にn型AlGaInP層17を成長させることが好ましい。このようにすると、第2の積層体は、より一層良好に成長する。

(第2の実施形態)

以下、本発明の第2の実施形態に係る半導体レーザ素子について、図2を参照しながら説明する。

図2に示すように、n型のGaAs基板10の上には、全面に亘って、0.1μm程度の厚さを有するn型GaAs層よりなる第1のバッファ層11と、n型GaInP層よりなるエッチング制御層12とが順次形成されている。

エッチング制御層12上の第1の領域には、n型GaAs層よりなるパターン化された第2のバッファ層13A、n型AlGaAs層よりなる第1のn型クラッド層14A、GaAs層よりなる第1の活性層15A及びp型AlGaAs層よりなる第1のp型クラッド層16Aが順次形成されており、第1のn型クラッド層14A、第1の活性層15A及び第1のp型クラッド層16Aによって赤外

半導体レーザ構造が構成されている。

一方、エッチング制御層12上の第2の領域には、n型AlGaInP層よりなる第2のn型クラッド層17A、GaInP層よりなる第2の活性層18A及びp型AlGaInP層よりなる第2のp型クラッド層19Aが順次形成されており、第2のn型クラッド層17A、第2の活性層18A及び第2のp型クラッド層19Aによって赤色半導体レーザ構造が構成されている。

また、GaAs基板10の下面には下部電極21が形成されており、第1のp型クラッド層16Aの上面上には第1の上部電極22が形成されており、第2のp型クラッド層19Aの上面上には第2の上部電極23が形成されている。

以下、第2の実施形態に係る半導体レーザ素子の製造方法について、図4(a)～(d)を参照しながら説明する。

まず、図4(a)に示すように、n型のGaAs基板10の上に、0.1 μ m程度の厚さを有するn型GaAs層よりなる第1のバッファ層11と、0.01 μ m程度の厚さを有するn型GaInP層よりなるエッチング制御層12とを順次成長させる。その後、エッチング制御層12の上に、0.3 μ m程度の厚さを有するn型GaAs層よりなる第2のバッファ層13、n型AlGaAs層14、GaAs層15及びp型AlGaAs層16を順次成長させて、第1の積層体を形成する。

次に、図4(b)に示すように、第1の積層体に対して選択的ウェットエッチングを行なって、エッチング制御層12の第2の領域を露出させる。このようにすると、GaAs基板10上の第1の領域に、n型AlGaAs層14よりなる第1のn型クラッド層14A、GaAs層15よりなる第1の活性層15A及びp型AlGaAs層16よりなる第1のp型クラッド層16Aが形成されると共に、パターン化された第2のバッファ層13Aが形成される。そして、第1のn型クラッド層14A、第1の活性層15A及び第1のp型クラッド層16Aから構成される赤外半導体レーザ構造が得られる。

次に、図4(c)に示すように、エッチング制御層12の上及び赤外半導体レーザ構造の上に全面に亘って、n型AlGaInP層17、GaInP層18及びp型AlGaInP層19を順次成長させて、第2の積層体を形成する。

次に、図4（d）に示すように、第2の積層体に対して選択的ウェットエッチングを行なって、エッチング制御層12の第2の領域上に、n型AlGaInP層17よりなる第2のn型クラッド層17A、GaInP層18よりなる第2の活性層18A及びp型AlGaInP層19よりなる第2のp型クラッド層19Aを形成する。このようにすると、第2のn型クラッド層17A、第2の活性層18A及び第2のp型クラッド層19Aから構成される赤色半導体レーザ構造が得られる。

その後、GaAs基板10の下面に下部電極21を形成し、第1のp型クラッド層16Aの上面に第1の上部電極22を形成し、第2のp型クラッド層19Aの上面に第2の上部電極23を形成すると、図2に示す第2の実施形態に係る半導体素子が得られる。

第2の実施形態によると、n型AlGaAs層14、GaAs層15及びp型AlGaAs層16からなる第1の積層体は、0.3 μ m程度の厚さを有するGaAs層よりなる第2のバッファ層13の上に成長するので、GaAs基板10の上にn型GaInP層よりなるエッチング制御層12が存在するにも拘わらず、赤外半導体レーザ構造となる第1の積層体の結晶性は良好になる。

また、GaAs基板10の表面が欠陥又は汚染等により平坦性を有していなかったり又はGaAs基板10の表面の結晶性が悪化していたりしても、GaAs基板10の上にn型GaAs層よりなる第1のバッファ層11が存在しているため、赤色半導体レーザ構造となる第2の積層体は良好に成長する。

また、n型GaAs層よりなる第2のバッファ層13の下側にはn型GaInP層よりなるエッチング制御層12が存在しているため、第2のバッファ層13、n型AlGaAs層14、GaAs層15及びp型AlGaAs層16からなる第1の積層体に対するエッチングはエッチング制御層12の上面で停止する。

従って、エッチング制御層12はエッチングにより損傷を受け難いため、赤色半導体レーザ構造となる第2の積層体は良好に成長する。

尚、第1及び第2の実施形態においては、第1のバッファ層11の上にエッチング制御層12を成長させたが、これに代えて、GaAs基板10上に第1のバッファ層11を成長させることなく、GaAs基板10上にエッチング制御層1

2を直接に成長させてもよい。この場合には、GaAs基板10がエッチングにより損傷を受ける事態を防止することができる。

また、第1及び第2の実施形態においては、エッチング制御層12の厚さは0.01 μ mであったが、エッチング制御層12の厚さは、0 μ mよりも大きく且つ0.1 μ m以下であればよい。このようにすると、第1及び第2の実施形態における第2のバッファ層13並びに第2の実施形態におけるn型AlGaInP層17がエッチング制御層12から受ける影響を最小限に抑制できるので、第1の積層体及び第2の積層体を良好に成長させることができる。

また、第1及び第2の実施形態における、第1の活性層14A及び第2の活性層18としては、単一量子井戸構造を有していてもよいし又は多重量子井戸構造を有していてもよい。

また、第1及び第2の実施形態におけるエッチング制御層12は、GaInP層でなくてもよく、GaAs層とほぼ等しい格子定数を持ち且つGaAs層に対して十分に大きなエッチング選択比が得られる半導体層であればよい。また、エッチング制御層12は、単層でなくてもよく、第1のV族元素（例えばAs）を含む混晶と第2のV族元素（例えばP）を含む混晶とからなる複数の層により構成されていてもよい。

また、第1及び第2の実施形態においては、エッチング制御層12はAlGaIP層よりなり、第1の積層体はAlGaAs層を含む複数の半導体層から構成されていたが、これに代えて、エッチング制御層12はAlGaAs層よりなり、第1の積層体はAlGaInP層を含む複数の半導体層から構成されていてもよい。

このようにすると、第1の積層体に対するエッチングをエッチング制御層12の上面で停止して、GaAs基板10の第2の領域が損傷を受ける事態を確実に防止することができる。

【請求の範囲】

1. 半導体レーザ素子の製造方法は、

化合物半導体基板の上に全面に亘って、前記化合物半導体基板と組成が異なるエッチング制御層を成長させる工程と、

前記エッチング制御層の上に全面に亘って、前記エッチング制御層と組成が異なる第1の活性層を含む複数の半導体層からなる第1の積層体を成長させる工程と、

前記第1の積層体を選択的エッチングによりパターニングして、前記化合物半導体基板上の第1の領域に前記第1の積層体からなる第1の半導体レーザ構造を形成する工程と、

前記第1の半導体レーザ構造を含む前記化合物半導体基板上に全面に亘って、第2の活性層を含む複数の半導体層からなる第2の積層体を成長させる工程と、

前記第2の積層体を選択的エッチングによりパターニングして、前記化合物半導体基板上の第2の領域に前記第2の積層体からなる第2の半導体レーザ構造を形成する工程とを備えている。

2. 請求項1の半導体レーザ素子の製造方法において、

前記第1の半導体レーザ構造を形成する工程は、前記第1の積層体のエッチングレートが、前記エッチング制御層のエッチングレートよりも大きい条件で行なわれる。

3. 請求項1の半導体レーザ素子の製造方法において、

前記第1の半導体レーザ構造を形成する工程と前記第2の積層体を成長させる工程との間に、前記エッチング制御層の前記第2の領域に存在する部分を選択的エッチングにより除去する工程をさらに備えている。

4. 請求項1の半導体レーザ素子の製造方法は、

前記エッチング制御層を成長させる工程と前記第1の積層体を成長させる工程との間に、前記エッチング制御層の上に全面に亘ってバッファ層を成長させる工程をさらに備え、

前記第1の半導体レーザ構造を形成する工程と前記第2の積層体を成長させる工程との間に、前記バッファ層の前記第2の領域に存在する部分を選択的エッチ

ングにより除去する工程をさらに備えている。

5. 請求項4の半導体レーザ素子の製造方法において、

前記バッファ層の前記第2の領域に存在する部分を選択的エッチングにより除去する工程は、前記バッファ層のエッチングレートが前記エッチング制御層のエッチングレートよりも大きい条件で行なわれる。

6. 請求項4の半導体レーザ素子の製造方法において、

前記エッチング制御層は、Pを含むIII-V族化合物半導体層よりなり、
前記バッファ層は、GaAs層よりなる。

7. 請求項1の半導体レーザ素子の製造方法において、

前記化合物半導体基板は、GaAs基板であり、
前記エッチング制御層は、Pを含むIII-V族化合物半導体層よりなる。

8. 請求項1の半導体レーザ素子の製造方法において、

前記エッチング制御層は、 $(Al_xGa_{1-x})_yI_zP$ （但し、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ）よりなり、

前記第1の積層体は、 $Al_zGa_{1-z}As$ （但し、 $0 \leq z \leq 1$ ）よりなる半導体層を含む。

9. 請求項1の半導体レーザ素子の製造方法において、

前記エッチング制御層は、 $Al_zGa_{1-z}As$ （但し、 $0 \leq z \leq 1$ ）よりなり、
前記第1の積層体は、 $(Al_xGa_{1-x})_yI_zP$ （但し、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ）よりなる半導体層を含む。

10. 半導体レーザ素子は、

化合物半導体基板上の第1の領域に形成され、前記化合物半導体基板と組成が異なるエッチング制御層と、

前記エッチング制御層の上に形成され、前記エッチング制御層と組成が異なる第1の活性層を含む複数の半導体層からなる第1の半導体レーザ構造と、

前記化合物半導体基板上の第2の領域に形成され、第2の活性層を含む複数の半導体層からなる第2の半導体レーザ構造とを備えている。

11. 請求項10の半導体レーザ素子において、

前記化合物半導体基板上の第2の領域と前記第2の半導体レーザ構造との間に

、前記エッチング制御層は存在しない。

12. 請求項10の半導体レーザ素子において、

前記エッチング制御層の厚さは、 $0\mu\text{m}$ よりも大きく且つ $0.1\mu\text{m}$ 以下である。

13. 請求項10の半導体レーザ素子は、

前記化合物半導体基板上の第1の領域に形成されている前記エッチング制御層と前記第1の半導体レーザ構造との間にバッファ層をさらに備えている。

14. 請求項13の半導体レーザ素子において、

前記エッチング制御層は、Pを含むIII-V族化合物半導体層よりなり、
前記バッファ層は、GaAs層よりなる。

15. 請求項10の半導体レーザ素子において、

前記化合物半導体基板は、GaAs基板であり、
前記エッチング制御層は、Pを含むIII-V族化合物半導体層よりなる。

16. 請求項10の半導体レーザ素子において、

前記エッチング制御層は、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{I}_z\text{P}$ (但し、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$) よりなり、

前記第1の半導体レーザ構造は、 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ (但し、 $0 \leq z \leq 1$) よりなる半導体層を含む。

17. 請求項10の半導体レーザ素子において、

前記エッチング制御層は、 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ (但し、 $0 \leq z \leq 1$) よりなり、
前記第1の積層体は、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{I}_z\text{P}$ (但し、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$) よりなる半導体層を含む。

1. The first part of the paper is devoted to the study of the properties of the function $f(x)$ defined by the equation $f(x) = \int_0^x f(t) dt$. It is shown that $f(x)$ is a continuous function and that it satisfies the functional equation $f(x+y) = f(x) + f(y)$.

- 19 -